

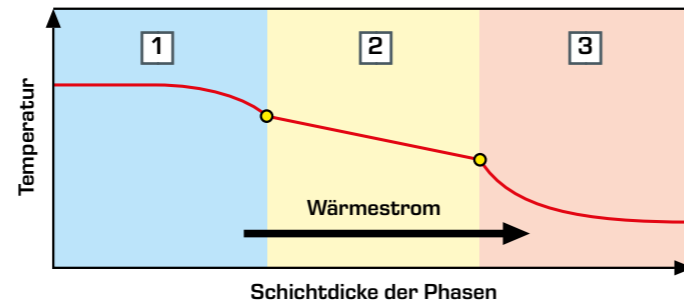
Basiswissen
Stoffübertragung

Die Stoffübertragung ist Teil verschiedener Grundverfahren. Beispielsweise sind dies Trocknungsprozesse, Absorptionen und Adsorptionen.

Betrachtete Stoffsysteme oder Mischungen streben einen energetisch möglichst geringen Zustand an. Dieses Bestreben wird auch als treibendes Gefälle bezeichnet. Für beispielsweise eine Kochsalzlösung bedeutet dies, dass sich die gelösten Salzionen gleichmäßig verteilen. Nach einiger Zeit wird an jeder Stelle die gleiche Konzentration messbar sein.

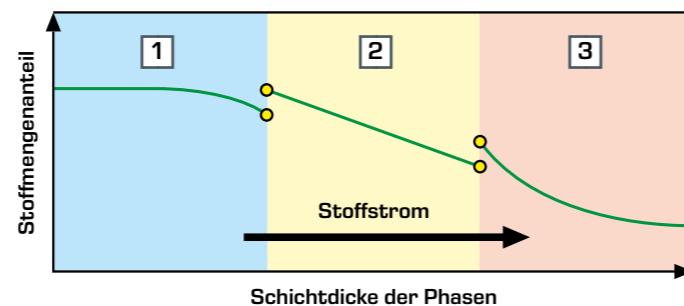
Die Betrachtung einer **Stoffübertragung** aus mehreren Stofftransportprozessen, wie Diffusion oder konvektivem Stoffübergang, wird als **Stoffdurchgang** bezeichnet.

Die Beschreibung der Stoffübertragung erfolgt mit den einzelnen Stofftransportprozessen analog den Wärmetransportprozessen. Die beiden Diagramme zeigen die Profile von Temperatur und Stoffmengenanteil sowie die jeweils vorliegenden Transportprozesse für ebene Phasen.



Ideale Wärmeübertragung mit drei ebenen Phasen:

1, 3 Wärmeübergang, 2 Wärmeleitung



Stoffübertragung mit drei ebenen Phasen:

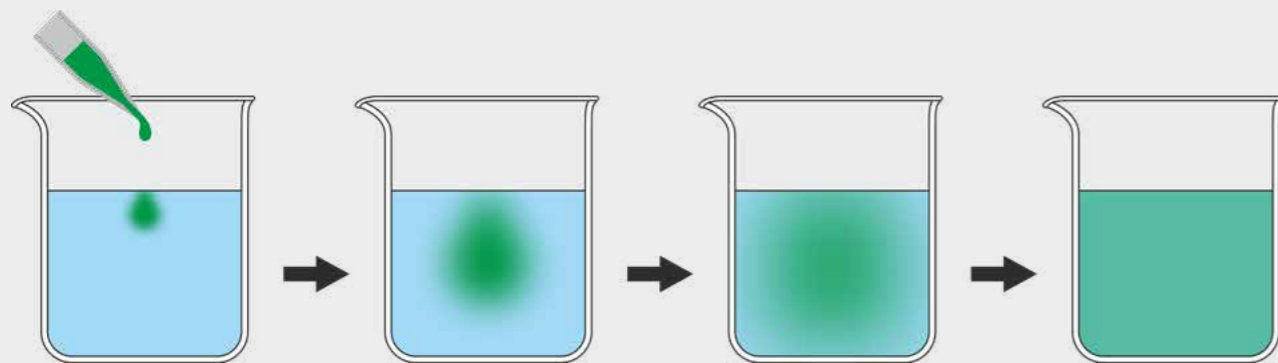
1, 3 Stoffübergang, 2 Diffusion

Diffusion

Diffusion ist ein physikalischer Prozess, bei dem Atome oder Moleküle innerhalb eines Gases, einer Lösung oder auch eines Feststoffes wandern. Diffusion ist ein **Stofftransportprozess**, der auf der Molekularbewegung beruht und ein Weg zum Erreichen des energieärmsten Zustandes ist. Allgemein setzt die Diffusion eine lokale Differenz der Teilchendichte voraus, welche als treibendes Gefälle wirkt. Diffusionsvorgänge enden dann, wenn ein Ausgleich aller Teilchendichten erreicht ist. In Lösungen dauert dies in der Regel mehrere Stunden, in Gasen hingegen oft nur wenige Sekunden.

Die Berechnung erfolgt mit Diffusionskoeffizienten, die für die beteiligten Stoffe zu ermitteln sind. Der Diffusionskoeffizient beschreibt die Beweglichkeit eines Stoffes innerhalb eines anderen Stoffes oder Stoffgemisches. Bei einer Kochsalzlösung beispielsweise also die Beweglichkeit der Salzionen innerhalb des Wassers.

Die Diffusion kann zusätzlich durch die Temperatur und den Druck beeinflusst werden. Die Abhängigkeit von der Temperatur ist meist Teil der Berechnungsgleichung. Der Druck wird als zusätzliche Angabe genannt, um die Gültigkeit der Berechnungsgleichung für den Anwendungsfall zu prüfen.



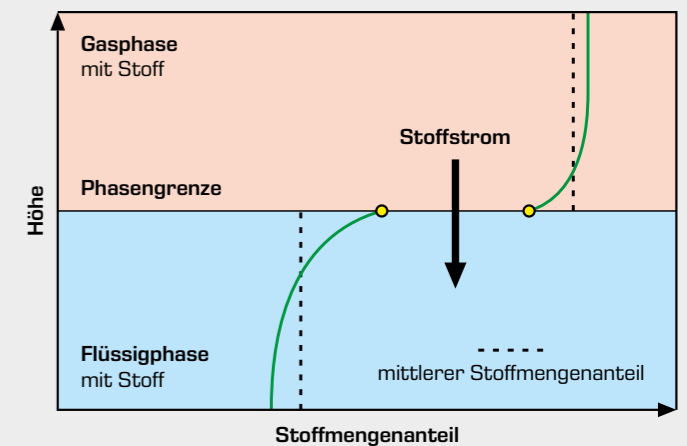
Stoffdurchgang

Eine Aufgabenstellung mit Stoffübertragung beinhaltet üblicherweise mehrere zu betrachtende Stofftransportabschnitte. Der Transportprozess durch alle Abschnitte hindurch wird als **Stoffdurchgang** bezeichnet. Die einzelnen Stofftransportprozesse sind die Diffusion und der Stoffübergang. Innerhalb einer Aufgabenstellung können diese auch mehrfach auftreten.

Beispiel mit zweifachem Stoffübergang

Eine Gasphase befindet sich über einer Flüssigphase. Beide Phasen strömen. In der Gasphase ist ein Stoff vorhanden, der in der Flüssigphase löslich ist. Sofern der energieärmste Zustand noch nicht erreicht ist, wird dieser versucht zu erreichen. In diesem Fall findet ein Stoffdurchgang des Stoffes aus der Gasphase in die Flüssigphase statt. In der Gasphase findet ein Stoffübergang an die Phasengrenze heran statt und in der Flüssigphase ein Stoffübergang von der Phasengrenze weg. Die Stoffmengenanteile werden sich bis zum Gleichgewicht anpassen. Die Berechnung des Stoffstroms erfolgt mit den Stoffübergangskoeffizienten und dem treibenden Gefälle, das mit der Differenz der Stoffmengenanteile an der Phasengrenze und dem mittleren Wert innerhalb der Phase gebildet wird.

Eine Besonderheit bei der Stoffübertragung ist, dass die Löslichkeit eines Stoffes in anderen Stoffen unterschiedlich ist. Dies bedeutet, dass die Konzentrationen an den Phasengrenzen unterschiedlich sind.



Konvektiver Stoffübergang

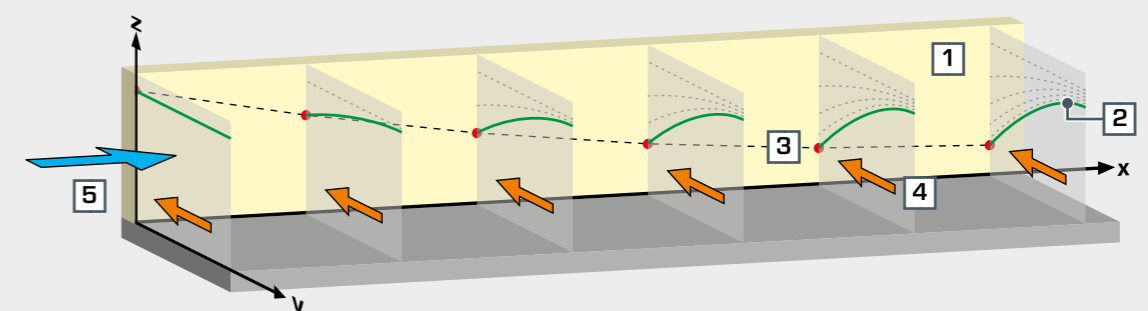
Der konvektive Stoffübergang ist ein Stofftransportprozess, der bei gleichzeitigem Auftreten einer Strömung stattfindet. Die Strömung führt zu einer deutlich besseren Stoffübertragung, so dass für die Auslegung weitere Gleichungen ermittelt wurden. Die maßgeblichen Einflüsse für den Stoffübergang sind:

- Strömungszustand (laminar oder turbulent)
- Grad der Strömungsbildung
- Grad der Profilausbildung der Stoffmengenanteile

Je nach den vorliegenden Bedingungen wird für die Berechnung des Stoffübergangskoeffizientens die **Sherwood-Zahl** zusammen mit der gültigen Sherwood-Funktion verwendet.

Beispiel

Eine Flüssigphase mit einem Stoff fließt entlang einer Membran. Der Stoff wird von der Membran aufgenommen. Im Anlauf der Profilausbildung ist der Stoffmengenanteil konstant und sinkt im weiteren Verlauf ab. Da der Stoff von der Membran aufgenommen wird, sinkt der Stoffmengenanteil direkt an der Membran stärker als in der weiteren Strömung ab. Das sich ergebende Profil der Stoffmengenanteile, quer zu der Strömungsrichtung, stellt einen weiteren Stofftransportwiderstand dar. Dieser wird durch den zu berechnenden Stoffübergangskoeffizienten in der Gesamtbetrachtung, dem Stoffdurchgang, berücksichtigt.



x Strecke in Strömungsrichtung, y Abstand von der Membran, z Stoffmengenanteil

1 Membran, 2 Stoffmengenanteil in Abhängigkeit vom Abstand zur Membran (y),
3 Stoffmengenanteil in unmittelbarer Nähe der Membran (y=0), 4 Stoffstrom zur Membran, 5 Strömung